

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

## \* NOTICES \*

**JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

(11)Publication number : **03-006710**

(43)Date of publication of application : **14.01.1991**

(51)Int.Cl.

**G05D 1/02**

**B25J 5/00**

**B25J 13/08**

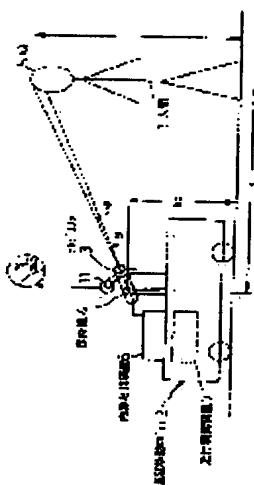
(21)Application number : **01-141260**

(71)Applicant : **TOSHIBA CORP**

(22)Date of filing : **05.06.1989**

(72)Inventor : **KUNO YOSHINORI**

## (54) FOLLOWER MOBILE ROBOT CONTROLLER



(57)Abstract:

**PURPOSE:** To attain an accurate follow-up movement of a follower mobile robot in a simple circuit constitution by obtaining a deviation through comparison between the pick-up images of a subject to be followed on the basis of the vertical position of the characteristic parts of those images and operating a control command in accordance with the deviation.

**CONSTITUTION:** A follower mobile robot 2 contains a TV camera 3, and an image processor 6 analyzes the image signals received from the camera 3. Then the processor 6 obtains a distance (d) between the robot 2 and a human being 1 based on an error „ „ of the angle of elevation „ measured at the upper end position of a head 5 of the human being 1 and operates a speed control command. At the same time, the right-left control command is computed based on the vertical deviation of the center position and in response to the value of this deviation.

These obtained speed control command and the direction control command are given to a drive controller 7 as the drive control

command signals. As a result, a control signal for follow-up movement is obtained via a video device and the follow-up movement response is improved with small calculation value.

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-6710

⑮ Int.Cl.<sup>5</sup>

G 05 D 1/02  
B 25 J 5/00  
13/08

識別記号

K  
E  
A

庁内整理番号

7304-5H  
8611-3F  
7828-3F

⑬ 公開 平成3年(1991)1月14日

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全7頁)

⑭ 発明の名称 追随移動ロボット制御装置

⑯ 特 願 平1-141260

⑰ 出 願 平1(1989)6月5日

⑱ 発 明 者 久 野 義 徳 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝総合研究所内

⑲ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

⑳ 代 理 人 弁 理 士 三 好 秀 和 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

追随移動ロボット制御装置

2. 特許請求の範囲

(1) 追随対象物体の所定の特徴部分の方向に向けられた撮像装置と、

この撮像装置により撮像された画像から追随対象物体の画像内での前記特徴部分の垂直方向の位置と水平方向の中心位置とを検出する画像解析手段と、

この画像解析手段が検出した追随対象物体の画像内の前記特徴部分の垂直方向の位置と予め定められている基準位置との偏差を求めて走行制御系に追随移動ロボットの追随対象物体との距離を正規のものにする走行制御信号を出力する追随距離制御手段と、

前記画像解析手段が検出した追随対象物体の画像内の左右中心位置と予め定められている中心基準位置との偏差を求めて走行制御系に追随移動ロボットの方向制御信号を出力する追随方向制御手

段とを備えて成る追随移動ロボット制御装置。

(2) 請求項1の追随移動ロボット制御装置において、追随対象物体の所定の特徴部分として上端部位を撮像することを特徴とする追随移動ロボット制御装置。

(3) 請求項1の追随移動ロボット制御装置において、前記追随距離制御手段が、前記画像解析手段が検出した追随対象物体の画像内の特徴部分の垂直方向の位置と予め定められている基準位置との偏差に応じた走行速度指令信号を出力することを特徴とする追随移動ロボット制御装置。

(4) 請求項3の追随移動ロボット制御装置において、追随対象物体の所定の特徴部分として上端部位を撮像することを特徴とする追随移動ロボット制御装置。

3. 発明の詳細な説明

[発明の目的]

(産業上の利用分野)

この発明は、移動する物体に追随して移動するロボットの走行を制御する追随移動ロボット制

御装置に関する。

(従来の技術)

例えば買い物荷物を運ぶために買い物客の後を追隨して移動するような追隨移動ロボットの追隨制御のための走行制御信号を得る装置としては、従来、人間に超音波発振器を持たせ、この超音波発振器からの信号を受信することにより追隨移動ロボットを追隨走行させるものが提案されているが、このような装置では人間が超音波発振器を身に付けたり取り外したりしなければならず、特に買い物客のような一般の人間にそのような手間の掛かることを要求することはできず、実用的でない問題点があった。

そこで、追隨移動ロボット側の視覚を利用するならば人間側に超音波発振器の着脱を要求する必要がないために人間側の手間を省くことができる長所がある。しかしながら、追隨対象物体に追隨するためには追隨対象物体までの距離という3次元情報が必要になってくる。このような3次元情報を得る視覚手段としては両眼立体視があるが、

(課題を解決するための手段)

この発明の追隨移動ロボット制御装置は、追隨対象物体の所定の特徴部分の方向に向けられた撮像装置と、

この撮像装置により撮像された画像から追隨対象物体の画像内での前記特徴部分の垂直方向の位置と水平方向の中心位置とを検出する画像解析手段と、

この画像解析手段が検出した追隨対象物体の画像内の前記特徴部分の垂直方向の位置と予め定められている基準位置との偏差を求めて走行制御系に追隨移動ロボットの追隨対象物体との距離を正規のものにする走行制御信号を出力する追隨距離制御手段と、

前記画像解析手段が検出した追隨対象物体の画像内の左右中心位置と予め定められている中心基準位置との偏差を求めて走行制御系に追隨移動ロボットの方向制御信号を出力する追隨方向制御手段とを備えたものである。

またこの発明の追隨移動ロボット制御装置では、

この両眼立体視を行なうには両眼の対応部分を見つけ、三角測量原理により追隨対象物体までの距離を求める計算が必要であり、この計算が大量であり、繊敏に追隨移動することができない問題点があり、また両眼の対応部分の検出に誤りを生じやすく、正しい距離が求められない場合が多くある問題点もあった。

(発明が解決しようとする課題)

上述のように従来の追隨移動ロボット制御装置では、追隨対象物体である人間側に超音波発振器を持ってもらわなければならない煩わしさがあつたり、また両眼立体視の場合には計算量の多さと動作の確実性という点で実用的ではない問題点があつた。

この発明はこのような従来の問題点に鑑みて成されたもので、1つの撮像装置を用いて追隨移動用の制御信号を得ることができ、計算量も少なく追隨移動応答性を高めることのできる追隨移動ロボット制御装置を提供することを目的とする。

[発明の構成]

追隨距離制御手段として、画像解析手段が検出した追隨対象物体の画像内の所定の特徴部分の垂直方向の位置と予め定められている基準位置との偏差に応じた走行速度指令信号を出力するようにすることもできる。

(作用)

この発明の追隨移動ロボット制御装置では、追隨対象物体の高さはほぼ一定であるので、追隨対象物体の所定の特徴部分、例えば上端部位の方向に向けられた撮像装置の撮像信号から、追隨距離制御手段において、画像内の追隨対象物体の特徴部分の垂直方向の位置を予め定められている基準位置と比較し、その偏差を追隨対象物体との距離に換算し、予め定められている正規の距離間隔をとるように走行制御信号を走行制御系に出力し、走行制御系において追隨移動ロボットの追隨走行制御を行なわせる。

また、追隨方向制御手段において、画像内の追隨対象物体の左右中心位置を予め定められている中心基準位置と比較し、その偏差を求めて走行制

御系に対して追随移動ロボットの方向制御信号を出力し、走行制御系において追随移動ロボットの走行方向制御を行なわせる。

こうして、1台の撮像装置を利用して追随移動ロボットに追随対象物体に対する一定距離間隔を保ちながらの自動追随移動を可能とするのである。

またこの発明の請求項2の追随移動ロボット制御装置では、追随距離制御手段が追随対象物体の画像内の所定の特徴部分、例えば上端部位の位置と予め定められている基準位置との偏差に応じた走行速度指令信号を走行制御系に出力することにより、追随移動ロボットに対して追随対象物体の移動速度が速い場合には追随移動ロボットの追随距離間隔を大きくとって追随移動させ、逆に追随対象物体の移動速度が遅い場合には追随移動ロボットの追随距離間隔を小さくして追随移動させることができる。

#### (実施例)

以下、この発明の実施例を図に基づいて詳説する。

による変換信号を記憶する画像メモリ9と、画像メモリ9に格納された画像情報を解析し、追随移動ロボット2の自動追随移動動作のために制御信号を得るマイクロコンピュータ回路10とを備えている。

次に、上記の構成の追随移動ロボット制御装置の動作について説明する。

標準的な速さで身長 $h$ の人間1が歩くときのテレビカメラ3の取り付け部と人間1との適切な距離間隔を $d_s$ 、テレビカメラ3の取り付け高さを $h_c$ とすると、次の式が成立する。

$$\theta = \arctan \frac{h - h_c}{d_s} \quad \dots (1)$$

そこで、追随対象物体としての人間1の身長に応じてテレビカメラ3の仰角 $\theta$ を上記の(1)式のように定めておく。なお、この実施例では保持機4の部分に仰角目盛11を設け、これに対応する身長を刻印することにより追随対象人間1の身長に合わせるだけで仰角 $\theta$ が自動的に設定され、

第1図はこの発明の一実施例を示しており、例えばスーパーマーケットのような場所で追随対象物体としての買い物客1に追随して移動し、買い物荷物を運ぶ追随移動ロボット2についての実施例である。

第1図の実施例において、追随移動ロボット2には撮像装置としてテレビカメラ3が搭載されており、このテレビカメラ3は保持機4により人間1の所定の特徴部分としての上端部位である頭5を見上げる向きの仰角 $\theta$ が調節できるように保持されている。

そして、このテレビカメラ3に画像処理装置6が接続されており、テレビカメラ3の撮像する画像信号を解析し、人間1との距離間隔を求めて、その距離が正規のものとなるように追随移動ロボット2の走行制御装置7に走行速度指令、走行方向指令を与えるようになっている。

画像処理装置6は第2図に示すような回路構成であり、テレビカメラ3からの画像信号をA/D変換するA/D変換器8と、このA/D変換器8

その設定信号が画像処理装置6に入力されるようになっている。

今、第1図に示すように、人間1と追随移動ロボット2との距離が正規のものよりも近付いているために、人間1の頭5の上端位置が仰角 $\theta$ に対して $\Delta\theta$ 分ずれている状態にあるとすると、テレビカメラ3から人間1までの距離 $d$ は、次の式で求められる。

$$d = \frac{h - h_c}{\tan(\theta + \Delta\theta)}$$

$$= (h - h_c) \frac{1 - \tan\theta \cdot \tan\Delta\theta}{\tan\theta + \tan\Delta\theta} \quad \dots (2)$$

そして、この(2)式で $h$ 、 $h_c$ 、 $\tan\theta$ は既知の値であるから、 $d$ は $\tan\Delta\theta$ が分かれば求めることができる。

第3図は第1図の状態でテレビカメラ3が撮像した画像を示し、また第4図はテレビカメラ3の

投影系のモデルを示したものであるが、光軸12上に立ち、光軸12を含む水平面13（第3図においてはこの水平面13が中央の水平線cに対応している）から $\Delta\theta$ の角度の方向の物体14は撮像面15上に物体像16を作る。

そこで、投影中心17から撮像面15までの距離をfとし、物体像16の高さをlとすると、次の式が成立する。

$$l = f \tan \Delta \theta \quad \dots (3)$$

そこで、画像処理装置6のマイクロコンピュータ回路10において人間1の頭5の上端位置の上側へのずれに対応する撮像面15上での物体像16の中央の基準水平線cからのずれlを求めることができる、上記の式(2)、(3)から次の(4)式を導くことができる。

この式(4)において、fも予め求めておくことのできる一定値であるため、この式から追跡対象物体である人間1までの距離間隔dは基準線cからの偏差としてのずれ量lのみから求めること

ができることになる。

$$d = (h - h_c) \frac{1 - \tan \theta \cdot \frac{l}{f}}{\tan \theta + \frac{l}{f}} \quad \dots (4)$$

そこで、第2図における画像処理装置6のマイクロコンピュータ回路10は、一定周期毎に第5図に示すフローチャートに基づいて画像処理を行ない、追跡移動ロボット2の走行制御装置7に対する速度指令、および方向指令を作り出すのである。

このマイクロコンピュータ回路10の動作を詳しく説明すると、第6図に示すようにまず画像メモリ9を上から順次走査して調べ、指定の濃度値より暗い黒画素の並びが予め定められているNライン以上続く部分を見つけ出し、この黒画素のNラインの始まりの部分Pの垂直方向の位置を上端

位置とし、基準位置cとの垂直方向の偏差lを求める（ステップS1）。

次に、この黒画素の始まり位置から予め定められているMライン目を取り、そこからあらかじめ定められたL本の黒画素について水平方向の中心Qを求め、画像中心Oとの水平方向のずれ偏差rを求める（ステップS2）。

次に、前記ステップS1で求められた上端位置の偏差lを用いて、上記(4)式を用いて人間1と追跡移動ロボット2との間の距離dを求め、正規の距離dsとの偏差 $\Delta d$ に応じてこの偏差が0となるように速度指令vsを演算する（ステップS3）。

またステップS4では、同様にして前記ステップS2で求められた中心位置の垂直方向のずれ偏差rからその大きさに対応してあらかじめ定められた量だけの左右方向の方向制御指令mを演算する。

そして、マイクロコンピュータ回路10は、こうして得られた速度制御指令vsと方向制御指令

mとを走行制御指令信号として追跡移動ロボット2の走行制御装置7に与える（ステップS5）。

そして、追跡移動ロボット2の走行制御系では、この画像処理装置6からの走行速度指令および走行方向制御指令に基づき走行制御装置7が走行速度の制御と走行方向の制御とを行ない、追跡対象物としての人間1との距離間隔を常に一定値dsに保つ状態で追跡移動していく。

したがって、第3図の画像15上で物体像16の上端位置がlだけずれているときに、このlを0とするようにlが+ならば速度を落とし、lが-であるならば速度を上げるように速度指令vsを与えることにより、常に追跡対象物体としての人間1と追跡移動ロボット2との間の距離を一定値dsに保ちながら追跡移動を行なうことができるのである。

なお、この発明は上記の実施例に限定されるものではなく、次のような制御を行なうこともできる。

追隨対象物体と追隨移動ロボットとの距離間隔を常に一定の値  $d_s$  に保つ制御を行なうのではなく、追隨対象物体が速く移動するときには間隔を大きめにとり、遅く移動するときには間隔を小さくすることにより、特に追隨移動物体として人間に追隨移動ロボットを追隨させるときに人間に対する圧迫感を少なくすることができるようになる。

そこで、第3図に示す撮像画像15において、基準線  $c$  と物体像16の上端位置との偏差  $l$  が実際の追隨移動ロボット2と人間1との間の距離間隔  $d$  に1対1に対応し、同時に基準速度  $v_o$  で人間1が歩くときに追隨移動ロボット2が基準線  $c$  に物体像16の上端位置  $P$  が来るが、それよりも速い速度で人間1が移動するならば物体像16の上端位置  $P$  が基準線  $c$  よりも下側に来て  $l$  が-側に出、逆に基準速度  $v_o$  よりも遅い速度で人間1が移動するならば物体像16の上端位置  $P$  が基準線  $c$  よりも上側に来て  $l$  が+側に出ることになるので、 $l$  の大きさと移動速度とをも1対1に対応させることができる。

なお、この実施例にあっても、左右位置制御については、第一実施例と同様にして基準中心位置  $O$  と物体像中心位置  $Q$  との水平方向の偏差  $r$  が0となるように方向制御指令を画像処理装置6から走行制御装置7に与えることにより方向制御を行なうことになる。

なお、上記の両実施例ではマイクロコンピュータ回路を用いて速度指令および方向指令を演算するようにしているが、この様なソフトウェア的な処理に代えて、専用のハードウェアを備えさせ、画像メモリからの画像情報を解析する手段と、解析結果から追隨対象物体の上端位置を検出し、それを基準位置と比較して偏差を求める手段と、この偏差から速度指令を演算して出力する手段と、さらには追隨対象物体の中心位置を割り出し、基準中心位置との偏差を求める手段と、この偏差から方向制御指令を演算して出力する手段とにより構成するようにすることも可能である。あるいは専用の信号処理装置により、画像をメモリに蓄えることなく、上端と中心位置とを求めるようにす

つまり、 $l$  と距離  $d$ 、速度  $v_s$  とを次の表のように対応させ、このテーブルデータを画像処理装置6のマイクロコンピュータ回路10に記憶させておき、

表. 距離間隔と追隨速度との相関

偏差 $l$	距離間隔 $d$	追隨速度 $v_s$
$+l_3$	$d_s - 3\Delta d$	$v_o - 3\Delta v$
$+l_2$	$d_s - 2\Delta d$	$v_o - 2\Delta v$
$+l_1$	$d_s - \Delta d$	$v_o - \Delta v$
0	$d_s$	$v_o$
$-l_1$	$d_s + \Delta d$	$v_o + \Delta v$
$-l_2$	$d_s + 2\Delta d$	$v_o + 2\Delta v$
$-l_3$	$d_s + 3\Delta d$	$v_o + 3\Delta v$

偏差  $l_i$  に応じた速度指令  $v_s$  をマイクロコンピュータ回路10で求めて画像処理回路6から走行制御装置7に出力するようにすることにより、人間1の移動速度に応じて速いときには距離間隔  $d$  を大きくとって追隨移動し、移動速度が遅いときには距離間隔  $d$  を小さくとって追隨移動させることができるのである。

することも可能である。

さらに、上記の両実施例において、追隨移動ロボットを追隨対象物体の真後ろからではなくて、やや右または左後方から追隨対象物体に追隨移動するように設定するならば、追隨対象物体が人間であるような場合には追隨移動ロボットの追隨移動による圧迫感を軽減させることができるようになる。またさらに、追隨対象物体の特徴部分として上端部位だけではなく、他の特徴的な部位を利用することができる。

#### [発明の効果]

以上のようにこの発明によれば、追隨対象物体の撮像画像からその特徴部分の垂直方向の位置を基準位置と比較して偏差を求め、その偏差に応じて速度指令を演算し、追隨対象物体と追隨移動ロボットとの距離間隔が常に正規のものとなるように走行制御するため、1つの撮像装置により追隨対象物体に対して追隨移動ロボットを一定の距離間隔をとって追隨移動させることができ、両眼立体視画像処理による追隨移動制御のように複雑

な演算処理を数多く実行する必要がなく、比較的簡単な回路構成で追隨移動ロボットを正確に追隨移動させることができる。

また、この発明の請求項２の追従移動ロボット制御装置では、追従対象物体の移動速度の大きさに応じて追従移動ロボットとの距離間隔を大小変化させることができ、特に追従対象物体が速く移動するときには距離間隔を大きくとって追従移動ロボットの追従移動を行なわせることができ、追従対象物体が人間であるような場合には追従移動するロボットによる圧迫感を軽減させることができる。

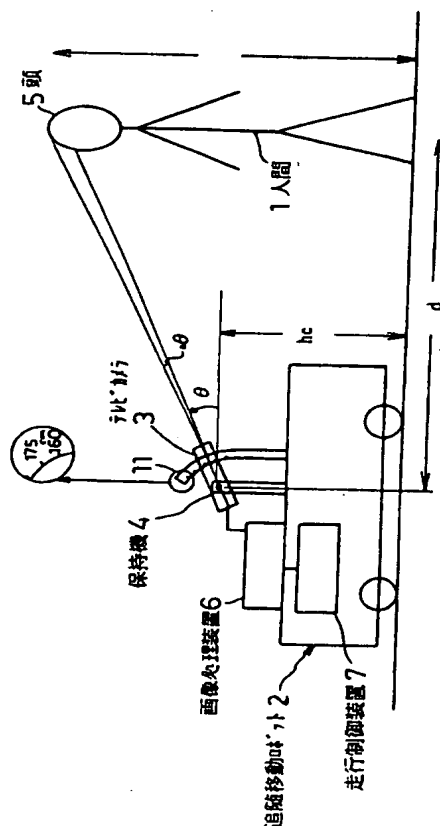
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の一実施例の概略正面図、第2図は上記の実施例の画像処理装置の回路ブロック図、第3図は上記の画像処理装置の撮像画像を示す正面図、第4図は上記の画像処理装置の動作原理を説明する光学図、第5図は上記の画像処理装置におけるマイクロコンピュータ回路の動作を示すフローチャート、第6図は上記のマイクロコ

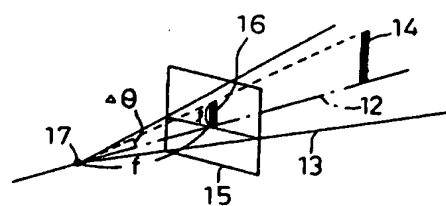
ンピュータ回路の画像処理動作を説明する説明図である。

- |                   |              |
|-------------------|--------------|
| 1 … 人間            | 2 … 追従移動ロボット |
| 3 … テレビカメラ        | 5 … 頭        |
| 6 … 画像処理装置        | 7 … 走行制御装置   |
| 8 … A/D変換器        | 9 … 画像メモリ    |
| 10 … マイクロコンピュータ回路 |              |

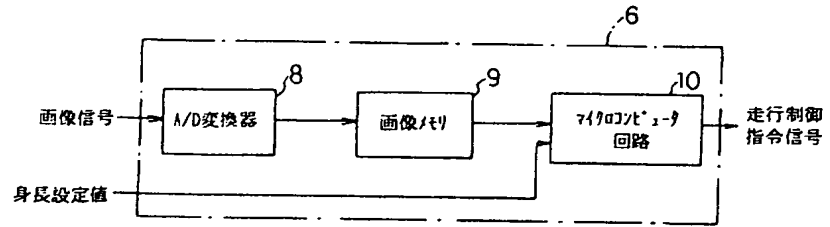
代理人弁理士 三 好 秀 和



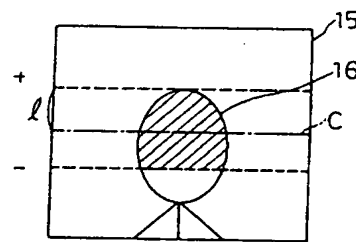
一城



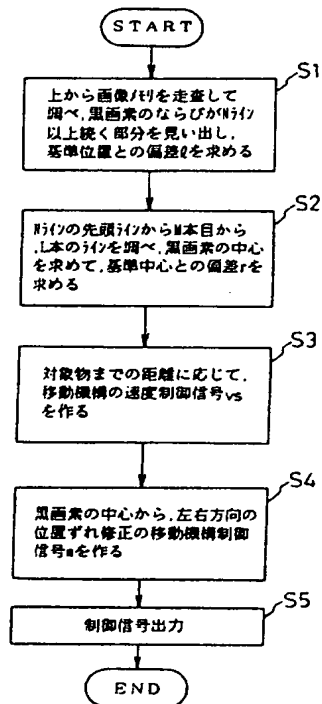
第 4 图



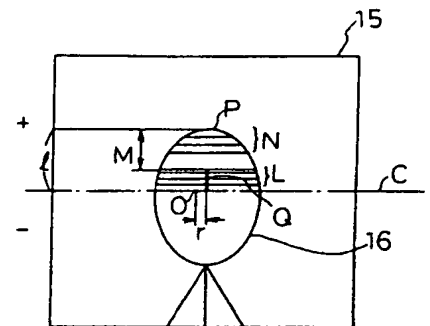
第 2 図



第 3 図



第 5 図



第 6 図